

국내산 고품위 석회석의 산출상태와 광석 유형

오성진^{1*}, 강백규², 노진환¹

¹강원대학교 지질학과 (tdcso@chol.com)

²대한광업진흥공사 자원탐사처

1. 서론

현재 국내에서 개발되고 있는 고품위 석회석은 지질학적 산출 배경에 따라 풍촌층 및 갑산층 석회암, 변성 탄산염암 및 탄산염 열수변질대로 구분될 수 있다. 이 같은 다양한 지질 배경 하에서 산출되는 고품위 석회석들은 각기 독특한 광물상, 광물 조성 및 조직을 갖게 된다. 특히 백운석을 비롯한 불순 광물성분들의 존재 상태와 함량은 고품위 석회석의 품위와 품질에 절대적인 영향을 미친다. 이 연구를 통하여 국내의 고품위 석회석을 개발하는 광산들 중에서 용도별로 대표적인 광석들을 선정하여, 그 산출상태와 광물학적 특징을 비교·분석하고 용도별 (중탄용, 소성용 등)로 품위와 품질을 가름하는 제반 자료들을 제시하고자 한다.

고품위 석회석을 대상으로 채광하는 광산들을 풍촌층 22개 광산, 갑산층 8개 광산, 시대미상으로 분류된 변성퇴적암층의 13개 광산 등 43곳의 광산을 대상으로 야외조사를 실시하였다. 연구 대상 광산을 그 지질여건과 위치에 따라 3개 구역으로 나누어 조사를 시행하였고, 시료는 각 광산의 대표적인 고품위 석회석 광석과 저품위 광석 및 불순물을 함유하는 광석들을 구분하여 채취하였다.

야외에서 체계적으로 채취된 석회석과 불순 광물들을 포함하는 시료들에 대하여 현미경 관찰용 박편제작과 화학분석용 및 X-선 회절분석용 분말 시료를 준비하기 위해서 동일한 시료를 별도로 처리하였다. 현재까지 제작된 200 여개의 박편들을 편광현미경 하에서 관찰하였다. 불순물 감정과 석회석의 순도를 검증하기 위해서 XRD 분석을 하였다. 화학분석은 주요원소와 미량원소 단위로 구분하여 XRF와 ICPS 분석법으로 이루어졌다.

2. 연구 결과

국내의 고품위 석회석 부존 지역은 그 지질 배경과 생성 여건의 차이에 따라 제천-단양 지구, 삼척-정선-영월 지구 및 안동-울진 지구 등 3개 지구로 구분하였다.

제천-단양 지구에서는 삼태산층, 갑산층 및 영흥층에서 고품위 석회석이 산출된다. 이 지역의 석회석 광화대는 열수변질을 비교적 약하게 받아 석회암 원래의 암상을 어느 정도는 유지하고 있으며, 변형작용의 결과로 석회석 층이 심하게 습곡되어 있는 것이 특징이다. 광석들은 주로 세립질 석회암 내지 결정질 석회암이 주된 광석 유형을 이루며 대개 담회색 내지 암회색의 암색을 보인다.

삼척-정선-영월지구의 석회석 광화대는 대개 조선누층군의 풍촌층 상부에 부존된다. 도계-삼척 일대의 광산에서는 암회색 내지 흑색을 띠는 전형적인 풍촌층 석회암의 암상을 나타낸다. 반면에 태백시 서측 부분의 대부분 광산에서는 심한 열수변질작용(hydrothermal alteration) 내지 스카르화작용(skarnization)의 영향으로 원래의 석회암의 조성과 조직을 보존하지 못하고 재결정화된 상태로 산출된다. 이 지역 석회석 광체에서는 곳에 따라 정도의 차이를 보이며 방언석(galena), 섬아연석(sphalerite), 자류철석(pyrrhotite) 등과 같은 황화 금속광물들이 미량 수반되며, 부근에 과거에 금속 광물들을 개발했던 채굴적들이 산재해 있다.

안동-울진 지구에서 산출되는 석회석은 시대미상의 변성퇴적암류 중에 개재되는 변성탄산염 암체로서 산출된다. 대부분이 대리암의 조성과 조직을 보이고 흑연과 탄산규산염(calc-silicates) 광물들을 불순물로 수반하는 것이 특징이다. 일부 지역의 광체에서는 석류석(grossular), 규회석(wollastonite) 등 고온성 스카른을 수반한다. 이 지구에서는 광체의 발달이 다소 불규칙하고 불순물의 내용도 밝은 색조의 투회석, 규회석 등으로 이루어져 있기 때문에 매우 밝은 암색을 나타낸다.

국내산 고품위 석회석은 전반적으로는 특정 층준에 규제된 상태(concordant occurrence)로 부존되지만, 영월-정선 지역과 울진 지역의 일부 광산에서 열수변질이 심한 곳에서는 국지적으로 층준을 가로지르는 상태(discordant occurrence)로 산출되기도 한다.

국내산 고품위 석회석들은 대부분 95% 이상 방해석으로 구성된 단순 조성을 보이지만, 광석의 유형과 광화작용의 성격에 따라 부분적으로 다양한 광물상들이 존재한다. 고품위 석회석에 수반되는 스카른 및 석회규산염 광물들의 광물 조합(mineral assemblage)은 원암의 암상과 변성 정도에 따라 (1) 방해석+석영+투회석, (2) 방해석+백운석+Mg-녹니석+투각섬석(+투회석, 석영), (3) 방해석+백운석+투각섬석+투회석+석영, (4) 방해석+투회석+규회석+석류석(+석영)의 특징적인 광물상들이 인지된다. (1)과 (2)의 광물상은 주로 미정질 석회석에서 관찰되고, (3)과 (4)는 거정질 광석에서 인지된다. 특히 (4)의 광물상은 영월 지역의 풍촌층 석회석이나 울진-안동 지역의 일부 석회석에서만 한정되어 관찰되고, 간혹 스피넬(sphene)을 수반하기도 한다.

풍촌층의 상위에 놓이는 화절층과의 경계부에서 산출되는 고품위 석회석들은 불균질한 이질 및 석회질 퇴적층인 화절층 쪽에서 유입되는 적갈색 내지 갈색을 띠는 콜로이드 상태의 수산화철 물질로 오염된 상태로 흔히 산출된다. 이들 불순물은 침철석, 적철석, 일라이트 및 옥수질 석영(chalcedonic quartz) 등으로 구성된 극미립질 집합체를 이룬다. 각력화된 석회석 광체 틈 사이로 마치 도자기와 같은 견고하고 치밀한 형태를 이루며 산출되기도 한다.

국내에서 산출되는 고품위 석회석의 광석 유형은 산출상태, 조성, 조직, 결정도 및 불순광물의 차이에 따라 다음과 같은 4 가지 유형으로 구분된다.

- (1) 결정질 석회암형(Crystalline Limestone type: CL)
- (2) 미정질 방해석형(Micro-crystalline Calcite type: MC1)
- (3) 거정질 방해석형(Mega-crystalline Calcite type: MC2)
- (4) 방해석질 대리암형(Calcitic Marble type: CM)

유형 (1) 석회석은 'medium dark gray~very light gray'의 색을 띠며, 세립질의 경우에는 원암인 석회암의 조성과 조직을 어느 정도 보존하고 있다. 제천-단양 지구의 갑산층과 영흥층에서 산출되는 석회석들과 도계 일대의 풍촌층에 부존되는 일부 광석들이 여기에 속한다.

결정질 및 거정질 방해석형 광석들인 유형 (2)와 (3)은 풍촌층에 주로 부존되는 전형적인 열수변질형 광석들이다. 소성용으로 적합한 미정질 내지 세립질의 고품위 방해석질 광석이 함께 산출된다. 거정질 방해석형 광석은 대부분 충전 및 충전재용으로 개발되며 결정의 크기는 대개 수 cm 단위에 이르는 고품위 조립질 광석이다. 백악기 화성암체에 접한 풍촌층의 광석과 시대미상 변성 퇴적암류의 일부 광산에서 특징적으로 산출된다. 이 같은 열수변질형 방해석 광상에서는 변질 정도에 따라 흔히 스카른형 불순광물들, 즉 Mg-녹니석, 투회석, 투각섬석, 규회석, 석류석 등이 수반되는 것이 특징이다.

유형 (4) 석회석은 정선-삼척 지구와 안동 지역의 변성퇴적암 내의 일부 석회석 광석에서 볼 수 있는 광석 유형이다. 조성에 있어서는 결정질 석회암 유형과 유사하지만, 변성작용에 의한 치밀한 봉합상 구조와 방해석 결정들의 선택적 편향 양상이 특징적으로 나타나는 대리

암형 광석이다.

X-선형광 분석법(XRF)으로 분석된 화학성분들 중에서 주요 성분인 CaO는 광석의 유형별로 조금씩 차이가 나지만 대개 52wt% 이상의 높은 함유 수준을 나타낸다. 거정질 방해석형의 경우, CaO의 함량이 평균 50.4wt%로써 다른 광석 유형들에 비해서 상대적으로 낮은 함량을 나타낸다. 전반적으로 제천-단양 지구의 대표적인 고품위 석회석 유형인 미정질 석회석이 가장 높은 수준의 CaO 함유도를 보인다. 반면에 MgO의 함량은 거정질 방해석형이 1.05wt%로써 다른 유형에 비해서 상대적으로 높다. 이는 거정질 석회석이 불순광물로서 백운석, Mg-녹니석 등을 상대적으로 많이 함유하기 때문인 것으로 해석된다.

3. 결론

국내산 고품위 석회석은 그 지질 배경과 광상 유형에 따라 제천-단양 지구, 삼척-정선-영월 지구 및 울진-안동 지구로 구분된다. 제천-단양 지구에서 산출되는 석회석은 원암의 암상이 일부 또는 전부 보존된 광석 형태를 이룬다. 삼척-정선-영월 지구의 풍흔층 상부에 부존되는 고품위 석회석은 전형적인 열수변질과 스키르 광화작용의 영향으로 대부분 재결정된 암상과 광물상을 보이는 것이 특징이다. 이에 비해서 울진-안동 지구의 석회석은 주로 변성작용에 의해서 형성된 양상을 보이지만, 일부 지역에서는 고도의 열수변질 내지 스키르 광화작용에 의해서 생성되기도 한다.

국내산 고품위 석회석은 광물조성, 화학조성 및 광물상의 차이에 따라 결정질 석회암형, 미정질 방해석형, 거정질 방해석 및 방해석질 대리암 유형으로 구분된다. 결정질 석회암상의 석회석은 원암에서 잔류된 백운석, 탄질물 등의 퇴적기원의 불순물들을 함유하는 것이 특징이다. 이에 비해서 열수변질에 의해서 형성된 미정질 및 거정질 방해석형 광석들은 일라이트, Mg-녹니석 및 황화 금속광물들이 특징적인 불순 광물상을 이룬다. 방해석질 대리암은 변성작용의 영향으로 흑연 및 스피노와 같은 특징적인 변성광물들이 수반된다. 또한 고품위 석회석 광체 내에서 석회규산염 광물들, 즉 투각섬석, 투회석, 규회석, 석류석 등이 열수변질과 변성작용의 정도에 따라 공통적으로 수반된다.

제천-단양 지구의 고품위 석회석들은 세립질 암상, 비교적 높은 CaO 함량의 광석 특성을 갖는다. 삼척-정선-영월 지구에서 산출되는 결정질 및 거정질 석회석은 전형적인 열수변질형 광석으로 결정도에서 현격한 차이를 보이고 높은 CaO 함유율을 나타낸다. 울진-안동 지역의 변성퇴적암류에서 산출되는 석회석들은 그 광상 유형에 따라 품위와 품질 면에서 현격한 차이를 보인다.

4. 참고문헌

- 대한광업진흥공사, 2000-2003, 정밀조사보고서, 대한광업진흥공사 자원탐사처.
장병두, 손길상, 2002, 석회석의 광물상 및 광물특성. 석회석과 그 응용, 제 3회 산업광물 심포지움 논문집, 15-31 p.
Blatt, H., Middleton, G., and Murray, R., 1980, Origin of Sedimentary Rocks. 2nd. ed., Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N. J., Ch.13-14.
Chang, L.L.Y., 2002, Industrial Mineralogy: Materials, Processes, and Uses. Prentice Hall, 196-204 p.
Oates, J.A.H., 1998, Lime and Limestone. WILEY-VCH, New York, 455 p.